



AUF DEN PUNKT GEBRACHT

VON DER ERDBEOBACHTUNG ZUM
AUTOMATISIERTEN FAHREN



Hell und brillant scharf – jedes Mal wieder sprangen Hartmut Runge die winzigen weißen Punkte ins Auge, wenn er Radaraufnahmen von TerraSAR-X betrachtete. Der Wissenschaftler vom DLR-Institut für Methodik der Fernerkundung ging den leuchtenden Hinweisen nach und machte eine überraschende Entdeckung: Laternenmasten, Ampeln, Straßenschilder und ähnliche Objekte entlang von Straßen steckten hinter der Strahlkraft. Für die Erstellung der typischen Erdbbeobachtungsprodukte wie Bodennutzungskarten oder Höhenmodelle waren sie nicht von Bedeutung. Doch das Interesse des langjährigen Verkehrsforschers war geweckt – denn Kollegen von ihm hatten gerade ein Verfahren zur hochgenauen Koordinaten-Messung entwickelt.

Mit der DLR-Technologie DriveMark® lassen sich aus dem All digitale Straßenkarten mit hoher Auflösung erstellen

Von Bernadette Jung

GPS, Galileo und andere globale Satellitennavigationssysteme (GNSS) gehören zu unseren zuverlässigen Begleitern, die wir unterwegs gerne zur Orientierung auf unbekanntem und auch bekannten Strecken nutzen. Die Positionsbestimmung erfolgt mit immer höheren Genauigkeiten, abhängig vor allem von der Signalumgebung. Dabei kommt es auf jeden Zentimeter an – besonders wenn sich zunehmend automatisierte Fahrzeuge am Straßenverkehr beteiligen. Schon heute locken Neuwagen mit zahlreichen Assistenzsystemen und teilautonomen Funktionen, die den Autofahrer entlasten. Für eine vollumfängliche Autonomie müssen die Fahrzeuge neben der herkömmlichen Satellitennavigation mit einem System ausgestattet sein, das im Fall einer Signalstörung auch ohne GNSS präzise den Weg weist.

Als Hartmut Runge die Leuchtpunkte im Radarbild als verkehrsrelevante Objekte identifiziert, ist die Idee zu DriveMark geboren: Navigation anhand von Landmarken. Mit Hilfe der Fahrzeug-Sensoren und mit dem Netz von Landmarken entsteht ein hochgenaues und zuverlässiges Navigationssystem, das unabhängig von GNSS weltweit verfügbar ist. „Mit dem Radarsatelliten TerraSAR-X und einer speziellen geodätischen Verarbeitungskette können wir die x-, y- und z-Koordinaten von Landmarken auf wenige Zentimeter genau bestimmen, ohne selbst vor Ort zu sein. Dadurch lassen sich große oder schwer zugängliche Gebiete sehr effizient erfassen. Bei DriveMark nutzen wir also Technologien und Methoden der Satellitenfernerkundung für Navigationsanwendungen. Wir erstellen Referenzpunkte und Straßenkarten, die für Fahrer-Assistenzsysteme und automatisierte Fahrzeuge relevant sind“, erklärt der DLR-Wissenschaftler in seiner ruhigen und bedachten Art. In den vergangenen Jahren konnte er seine Anwendungsidee den wichtigsten Industrievetretern schon in Präsentationen und Pitches vorstellen und ist dabei auf großes Interesse gestoßen.

Der Vorschlag überzeugte 2013 auch die Fachjuroren im internationalen Ideenwettbewerb „Copernicus Masters“, der alljährlich von der AZO Anwendungszentrum GmbH Oberpfaffenhofen durchgeführt wird. So gewann der DLR-Wissenschaftler nicht nur die Einzelausschreibung „BMW Connected Drive Challenge“, sondern trug auch den Gesamtsieg davon.

Über das Straßengeschehen genauestens im Bild: Der Radarsatellit TerraSAR-X erfasst markante Punkte am Straßenrand (DriveMarks), wie Verkehrsschilder und Leitplankenpfosten (hier am Autobahndreieck Hittistetten bei Ulm). Die Informationen über die Fahrbahnmarkierungen wurden aus Luftbildern eines DLR-Forschungsflugzeugs mit dem institutseigenen 3K-Kamerasystem gewonnen.

Zur Auszeichnung gehörten Beratungsgespräche mit den Spezialisten des Automobilherstellers aus München, sodass Runge die Anforderungen an moderne Karten für das automatisierte Fahren abstecken und seine Idee nun gezielt weiterentwickeln konnte. Im Rahmen eines DLR-Innovationsprojekts mit dem Technologiemarketing und unterstützt vom Helmholtz-Validierungsfonds, entstand so das patentierte Verfahren DriveMark.

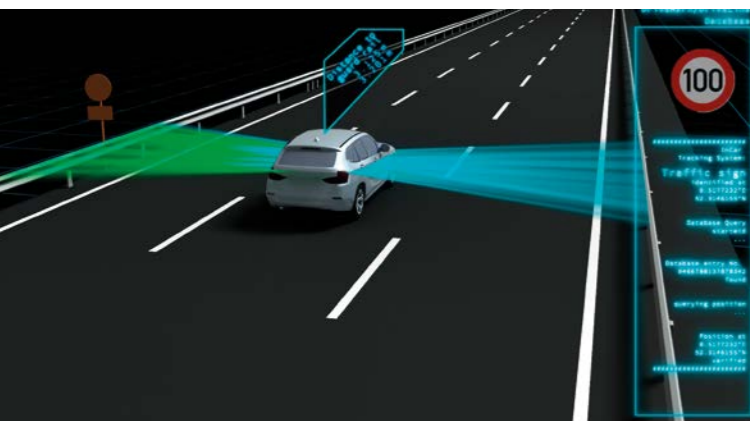
Klassisches Messprinzip und hochmoderne Technologie

Das Grundprinzip, die Orientierung mittels Landmarken, stammt aus der klassischen Vermessung. Seit Jahrhunderten werden Kirchtürme, Bergspitzen und andere feste Referenzpunkte genutzt, um mittels Triangulation die eigenen Koordinaten zu bestimmen. Bisher mussten diese Landmarken immer von einem Vermessungsteam vor Ort ermittelt werden – alles andere war zu ungenau. Ein aufwändiges Prozedere, das im Gegensatz zum satellitenbasierten Verfahren eine flächendeckende Kartierung kaum möglich macht. Für Navigationsanwendungen liefern Fernerkundungssatelliten allerdings momentan nicht die notwendige Genauigkeit. DriveMark schlägt nun eine Brücke von dem uralten Messprinzip zu den neuesten Hochtechnologien und eröffnet damit einen neuen Anwendungshorizont. Für diesen Kniff hat das Team rund um Runge eine dreiteilige automatisierte Prozessierungskette entwickelt, mit der die Fernerkundungsdaten zu digitalen Straßenkarten mit einer absoluten Genauigkeit im Bereich von zehn Zentimetern umgewandelt werden. Damit erfüllt DriveMark die Anforderungen für den Einsatz im Bereich autonome Mobilität.

Dazu gilt es zunächst, die verkehrsrelevanten Landmarken im Radarbild zu identifizieren und ihre Koordinaten exakt zu bestimmen. Ideal sind senkrechte Objekte wie etwa Verkehrsschilder und Leitplankenpfosten, da sie nahe der Straße auf glattem Untergrund stehen und dabei einen festen Dreieckswinkel bilden. So fungieren sie als Retro-Reflektoren und werfen das Radarsignal stark fokussiert

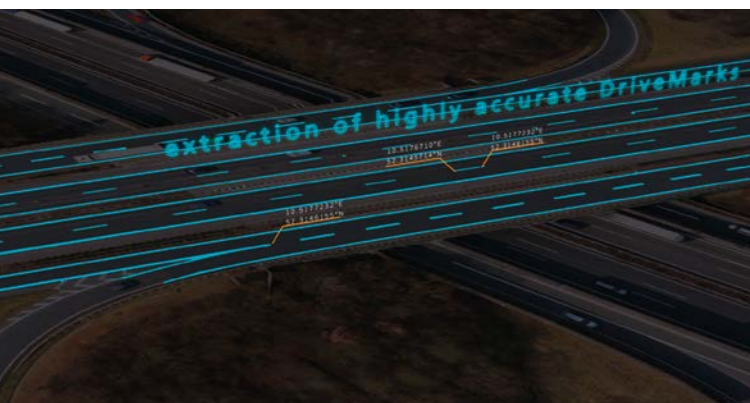
zurück. Im Radarbild weisen sie eine markante Signatur auf – scharfe, helle Punkte auf dunklem Hintergrund. „Das ist der gleiche Effekt wie das Aufblitzen der Katzenaugen am Fahrrad, wenn der Scheinwerfer eines Autos darauf trifft – das ist nicht zu übersehen“, erläutert der Radarexperte verschmitzt. Die Fußpunkte der Stangen und Masten nutzt Runge dann als Messpunkte für die Landmarken, die sogenannten Ground Control Points (GCPs). In einem automatisierten Verfahren ermittelt der geodätische SAR-Prozessor, eine Entwicklung des DLR-Instituts für Methodik der Fernerkundung, die am besten geeigneten GCPs im Radarbild und bestimmt die Koordinaten. Dabei werden auch natürliche Einflussfaktoren berücksichtigt und korrigiert, von denen die Messergebnisse verfälscht werden könnten, wie etwa ionosphärische und troposphärische Störungen sowie geodynamische Effekte durch Gezeitenkräfte.

Um die Koordinaten der Landmarken aus dem Radarbild auf optische Bilder von Satelliten oder Flugzeugen zu übertragen, kommt der „Optical Co-Registration Processor“ zum Einsatz. Dies ist zum einen für die Nutzung als Straßenkarte Voraussetzung, zum anderen bieten Luftbilder eine sehr hohe Auflösung. Die Straßenmarkierungen sind gut erkennbar, sodass sie automatisiert extrahiert werden können. Der Prozessor sorgt dafür, dass eine präzise georeferenzierte Ansicht der GCPs mit einer kontrollierten absoluten Genauigkeit von oft wenigen Zentimetern entsteht. Im letzten Verarbeitungsschritt werden aus dem optischen Bild zusätzlich topografische Merkmale gefiltert und digitalisiert. Der spezielle „Road Feature Extractor“ erkennt zum Beispiel Fahrbahnmarkierungen und ergänzt die Landmarken-Übersicht mit Fahrspuren, Seitenstreifen und Ausfahrten, sodass eine digitale Straßenkarte entsteht: „Wir haben die Technologien in enger Abstimmung mit Automobilherstellern entwickelt, um ein anwendernahes Produkt anbieten zu können. Die automatisierte Digitalisierung der Passpunkte und Fahrbahnmarkierungen ist ein wesentliches Merkmal und Voraussetzung für die Marktfähigkeit von DriveMark.“

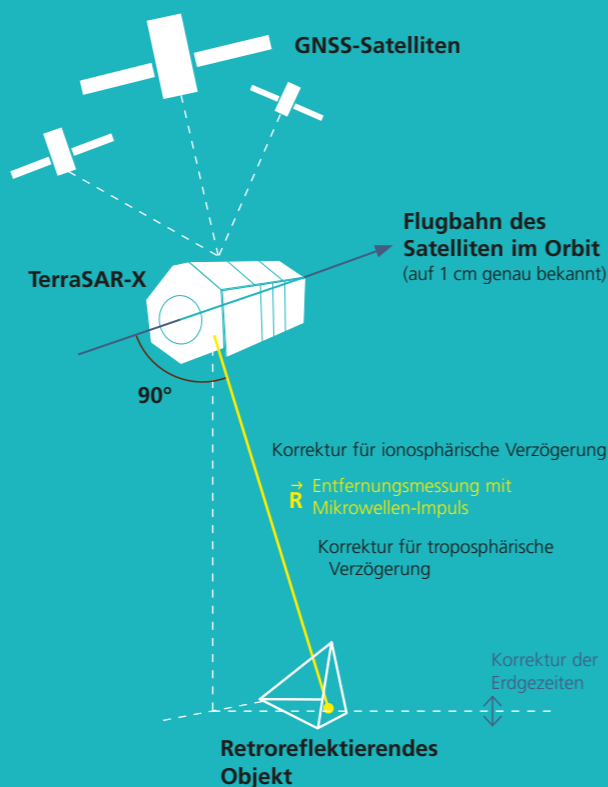


Positionierung eines autonomen Fahrzeugs innerhalb der Fahrbahn. Die DriveLines (Leitplanken, aber auch die Striche mit den Fahrbahn-Markierungen) sind mit ihren exakten Koordinaten in der Karte eingetragen. Das Verkehrsschild dient als „Landmarke“, um die Position des Fahrzeugs nochmals abzusichern.

Die exakten Koordinaten der Fahrbahnmarkierungen werden aus den Luft- und Satellitenbildern gewonnen



FERNMESSUNG VON BODEN-KOORDINATEN MIT TerraSAR-X



Autonome Mobilität und andere Anwendungsmöglichkeiten

Die gewonnenen Ground Control Points können einzeln als Referenzpunkte wie auch in der Gesamtschau als Navigationskarte genutzt werden. Daher bieten sie sich unter anderem als Ankerpunkte für das sogenannte „Mobile Mapping“ und die Ego-Lokalisierung von autonomen Fahrzeugen an. Da es sich um digitale Karten handelt, lassen sie sich in bestehende Assistenzsysteme einspeisen, sodass ein Fahrzeug beispielsweise mit der On-Board-Kamera die Passpunkte anvisieren und dadurch die eigene Position bestimmen kann. Unabhängig von GPS & Co weiß das Auto dann jederzeit und an jedem Ort, wo es sich genau befindet. Dadurch wird automatisiertes Fahren mit eindeutiger Spurführung und komplexen Fahrmanövern wie Spurwechseln und Abbiegen möglich.

So haben Hartmut Runge und seine Teamkollegen auch schon das nächste Verfahren entwickelt und zum Patent angemeldet: Mit DriveLine® lassen sich die Leitplanken und Lärmschutzwände am Rande der Fahrbahn zur exakten Positionierung des Fahrzeugs innerhalb der Fahrspur nutzen. Mit Hilfe von Fernerkundung wird deshalb nicht nur die Straße selbst, sondern auch die Bebauung in deren Umgebung kartiert. Abstandssensoren in den Fahrzeugen bestimmen kontinuierlich die Distanz zu den DriveLines und vergleichen ständig diese Messungen mit der Karte. Dieses Spurhalteverfahren dient als Redundanz, beispielsweise wenn bei herkömmlichen kamerabasierten Systemen eine Blendung durch Gegenlicht auftritt. Eine genaue Karte kann – konsequent gedacht – auch zur Kollisionsvermeidung dienen und hilft, plötzliche Veränderungen der Umgebung durch Unfallstellen oder temporäre Baustellen präzise zu verorten.

Im Verkehrssegment können mit dem neuen Verfahren auch die Testgebiete für automatisiertes Fahren gezielt kartiert werden, da hier schnell genaue Daten gefragt sind. Weiterhin können Kartendienstleister ihre Produkte hinsichtlich ihrer geodätischen Genauigkeit überprüfen – für eine effiziente unabhängige Qualitätskontrolle. Das Einmessen mittels Passpunkten ist nicht zuletzt in der Bauwirtschaft ein hoch attraktives Verfahren, da der arbeitsintensive Einsatz vor Ort und in schwer zugänglichen Gebieten entfällt. DriveMark versieht Luft- und Satellitenbilder mit genauen Koordinaten, sodass sie für klassische Vermessungs- und Kartierungsarbeiten verwendbar werden.

Aus der ungewöhnlichen Verknüpfung von Fernerkundung und Navigation kann so auch in Zukunft eine Vielzahl neuer Technologien und Anwendungsmöglichkeiten wachsen. Hätte sich Runge diese Entwicklung vorstellen können, als ihm zum ersten Mal diese brillant scharfen Punkte auf den TerraSAR-X-Bildern auffielen? „Nein, sicher nicht“, lacht der erfahrene Wissenschaftler. „Ich hatte keine Ahnung, wie groß das Projekt werden würde – mit den Vorstudien, den Technologieentwicklungen und der Industrievorbereitung waren das drei Projekte in einem. Anfangs wollte ich eigentlich nur herausfinden, ob man diese Punkte überhaupt für Verkehrsanwendungen nutzen kann.“ – Nun, dieser Punkt ist erhellend geklärt.

TerraSAR-X UND TanDEM-X

DriveMark nutzt zur Positionsbestimmung Aufnahmen der deutschen Radarsatelliten TerraSAR-X und TanDEM-X. Die Orbits der Zwillingsatelliten werden vom Deutschen Raumfahrtkontrollzentrum in Oberpfaffenhofen auf einen Zentimeter genau berechnet. Ähnliche Genauigkeiten werden dank moderner Radar-Geodäsie auch für die Abstandsmessung zwischen der Satellitenantenne und dem Objekt am Boden erreicht. Für eine Positionsbestimmung in x-, y- und z-Koordinaten sind mehrere Aufnahmen aus

INTERVIEW MIT ROBERT KLARNER, DLR-TECHNOLOGIEMARKETING

Was ist der Stand beim Technologietransfer von DriveMark?

Das Innovationsprojekt wurde erfolgreich abgeschlossen und die Ergebnisse sind validiert: Die Anforderungen wurden voll erfüllt – teils ist die Genauigkeit sogar noch besser als erwartet. Wir haben nun die Vermarktung bei den möglichen Nutzern der Technologie gestartet. Das konkrete Interesse besteht, zeigen erste Aufträge für Beispieldaten. Ziel ist es, die DriveMark-Lösung so zu transferieren, dass kommerzielle Lizenznehmer damit eigenständig ihre hochgenauen Kartenprodukte anreichern oder auch validieren können.



Robert Klarner

Automobilhersteller haben bereits autonome Fahrzeuge im Testeinsatz. Welche Relevanz haben dann noch fortgeschrittene Ideen wie DriveMark?

Die neue Generation von Navigationskarten in bester Auflösung, also HD, wird unerlässlich für das sichere hochautomatisierte Fahren, da sich die Experten einig. Hierfür kann DriveMark die genauen Referenzpunkte liefern, um die Fahrbahnen und das „Straßenmobiliar“ präzise an ihren richtigen Positionen zu verorten. Besonders vorteilhaft ist, dass diese Anwendung aus der Raumfahrt überall – also in Amerika und Asien genauso wie in Deutschland – flächendeckend und automatisiert eingesetzt werden kann. Das sind entscheidende Erfolgsfaktoren für den Einsatz in der Praxis.

DriveMark und DriveLine sind eingetragene Markenzeichen des DLR – wie bringt das ein Projekt voran?

Wir sind uns bewusst, dass unser neues Verfahren erklärungsbedürftig ist und sich etablieren muss. Deswegen die geschützte Marke – sie schärft das Profil der Technologie hin zur Schlüsselanwendung. Schließlich geht es um die Entwicklung hin zum neuen Produkt für unsere Kunden und deren Kunden. Inzwischen ist DriveMark zum internationalen Brand mit Wiedererkennungswert im DLR wie auch außerhalb geworden. Innovation ist schließlich das, was draußen ankommt.



Hartmut Runge ist Nachrichtentechniker und war bei der Entwicklung der SAR-Technologie im DLR von Anfang an mit dabei. Seit rund zehn Jahren beschäftigt er sich mit Anwendungen im Bereich Verkehr.